

# TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS


## PCT

REC'D 11 APR 2006

### RAPPORT PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL SUR LA BREVETABILITÉ

(chapitre II du Traité de coopération en matière de brevets)

(article 36 et règle 70 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire	<b>POUR SUITE À DONNER</b> voir le formulaire PCT/PEA/4-16	
Demande internationale No. PCT/FR2004/050302	Date du dépôt international (jour/mois/année) 30.06.2004	Date de priorité (jour/mois/année) 30.06.2003
Classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois classification nationale et CIB INV. G21C1/30		
Déposant COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE et al.		
<p>1. Le présent rapport est le rapport d'examen préliminaire international, établi par l'administration chargée de l'examen préliminaire international en vertu de l'article 35 et transmis au déposant conformément à l'article 36.</p> <p>2. Ce RAPPORT comprend 9 feuilles, y compris la présente feuille de couverture.</p> <p>3. Ce rapport est accompagné d'ANNEXES, qui comprennent :</p> <p>a. <input type="checkbox"/> un total de (envoyées au déposant et au Bureau international) feuilles, définies comme suit :</p> <p><input type="checkbox"/> les feuilles de la description, des revendications ou des dessins qui ont été modifiées et qui servent de base au présent rapport ou des feuilles contenant des rectifications autorisées par la présente administration (voir la règle 70.16 et l'instruction administrative 607).</p> <p><input type="checkbox"/> des feuilles qui remplacent des feuilles précédentes, mais dont la présente administration considère qu'elles contiennent une modification qui va au-delà de l'exposé de l'invention qui figure dans la demande internationale telle qu'elle a été déposée, comme il est indiqué au point 4 du cadre n° I et dans le cadre supplémentaire.</p> <p>b. <input type="checkbox"/> (envoyées au Bureau international seulement) un total de (préciser le type et le nombre de support(s) électronique(s)) , qui contiennent un listage de la ou des séquences ou un ou des tableaux y relatifs, déposés sous forme électronique seulement, comme il est indiqué dans le cadre supplémentaire relatif au listage de la ou des séquences (voir l'instruction administrative 802).</p>		
<p>4. Le présent rapport contient des indications et les pages correspondantes relatives aux points suivants :</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Cadre n° I Base du rapport</p> <p><input type="checkbox"/> Cadre n° II Priorité</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Cadre n° III Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle</p> <p><input type="checkbox"/> Cadre n° IV Absence d'unité de l'invention</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Cadre n° V Déclaration motivée selon l'article 35.2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration</p> <p><input type="checkbox"/> Cadre n° VI Certains documents cités</p> <p><input type="checkbox"/> Cadre n° VII Certaines irrégularités dans la demande internationale</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Cadre n° VIII Certaines observations relatives à la demande internationale</p>		
Date de présentation de la demande d'examen préliminaire international 20.09.2005	Date d'achèvement du présent rapport 10.04.2006	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen préliminaire international  Office européen des brevets D-80298 Munich Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Fonctionnaire autorisé Jandi, F N° de téléphone +49 89 2399-7599	



# RAPPORT PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL SUR LA BREVETABILITÉ

Demande internationale n°  
PCT/FR2004/050302

Case No.	Base du rapport
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	
50	
51	
52	
53	
54	
55	
56	
57	
58	
59	
60	
61	
62	
63	
64	
65	
66	
67	
68	
69	
70	
71	
72	
73	
74	
75	
76	
77	
78	
79	
80	
81	
82	
83	
84	
85	
86	
87	
88	
89	
90	
91	
92	
93	
94	
95	
96	
97	
98	
99	
100	

1. En ce qui concerne la **langue**, le présent rapport est établi sur la base de la demande internationale dans la langue dans laquelle elle a été déposée, sauf indication contraire donnée sous ce point.
  - ☐ Le présent rapport est établi sur la base de traductions réalisées à partir de la langue d'origine dans la langue suivante ,qui est la langue d'une traduction remise aux fins de :
    - ☐ la recherche internationale (selon les règles 12.3 et 23.1.b))
    - ☐ la publication de la demande internationale (selon la règle 12.4)
    - ☐ l'examen préliminaire international (selon la règle 55.2 ou 55.3)
2. En ce qui concerne les **éléments\*** de la demande internationale, le présent rapport est établi sur la base des éléments suivants (*les feuilles de remplacement qui ont été remises à l'office récepteur en réponse à une invitation faite conformément à l'article 14 sont considérées dans le présent rapport comme "initialement déposées" et ne sont pas jointes en annexe au rapport.*) :

**Description, Pages**

**1-26**                      telles qu'initialement déposées

## Revendications, No.

1-11                      recue(s) le 23.09.2005 avec lettre du 20.09.2005

## Dessins, Feuilles

**1/5-5/5**                      telles qu'initialement déposées

- ☐ En ce qui concerne un listage de la ou des séquences ou un ou des tableaux y relatifs, voir le cadre supplémentaire relatif au listage de la ou des séquences.

3. ☐ Les modifications ont entraîné l'annulation :
- ☐ de la description, pages
  - ☐ des revendications, nos
  - ☐ des dessins, feuilles/fig.
  - ☐ du listage de la ou des séquences (*préciser*) :
  - ☐ d'un ou de tous les tableaux relatifs au listage de la ou des séquences (*préciser*) :
4. ☐ Le présent rapport a été établi abstraction faite (de certaines) des modifications, qui ont été considérées comme allant au-delà de l'exposé de l'invention tel qu'il a été déposé, comme il est indiqué dans le cadre supplémentaire (règle 70.2.c)).
- ☐ de la description, pages
  - ☐ des revendications, nos
  - ☐ des dessins, feuilles/fig.
  - ☐ du listage de la ou des séquences (*préciser*) :
  - ☐ d'un ou de tous les tableaux relatifs au listage de la ou des séquences (*préciser*) :

\* Si le cas visé au point 4 s'applique, certaines ou toutes ces feuilles peuvent être revêtues de la mention "remplacé".

**Case No. III Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle**

1. La question de savoir si l'objet de l'invention revendiquée semble être nouveau, impliquer une activité inventive (ne pas être évident) ou être susceptible d'application industrielle n'a pas été examinée pour ce qui concerne :

☐ l'ensemble de la demande internationale,

☒ les revendications nos 6,11

parce que :

☐ la demande internationale, ou les revendications nos en question, se rapportent à l'objet suivant, à l'égard duquel l'administration chargée de l'examen préliminaire international n'est pas tenue d'effectuer un examen préliminaire international (*préciser*) :

☒ la description, les revendications ou les dessins (*en indiquer les éléments ci-dessous*), ou les revendications 6 en question ne sont pas clairs, de sorte qu'il n'est pas possible de formuler une opinion valable (*préciser*) :

**voir feuille séparée**

☐ les revendications, ou les revendications nos en question, ne se fondent pas de façon adéquate sur la description, de sorte qu'il n'est pas possible de formuler une opinion valable.

☒ il n'a pas été établi de rapport de recherche internationale pour les revendications nos 11 en question.

☐ le listage de la ou des séquences de nucléotides ou d'acides aminés n'est pas conforme à la norme prévue dans l'annexe C des instructions administratives car :

le listage présenté par écrit

☐ n'a pas été fourni

☐ n'est pas conforme à la norme

le listage sous forme déchiffrable par ordinateur

☐ n'a pas été fourni

☐ n'est pas conforme à la norme

☐ le ou les tableaux relatifs au listage des séquences de nucléotides ou d'acides aminés -lorsqu'ils sont sous forme déchiffrable par ordinateur seulement- ne sont pas conformes aux exigences techniques prévues dans l'annexe C-*bis* des instructions administratives.

☐ Voir le cadre supplémentaire pour de plus amples détails.

# RAPPORT PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL SUR LA BREVETABILITÉ

Demande internationale n°  
PCT/FR2004/050302

---

## Cadre n° V Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

---

- |  |      |                |           |
|--|------|----------------|-----------|
| 1. Déclaration                         |      |                |           |
| Nouveauté                              | Oui: | Revendications | 1-5       |
|  | Non: | Revendications | 7-10      |
| Activité inventive                     | Oui: | Revendications | 1-5       |
|  | Non: | Revendications | 7-10      |
| Possibilité d'application industrielle | Oui: | Revendications | 1-5, 7-10 |
|  | Non: | Revendications |           |

2. Citations et explications (règle 70.7) :

**voir feuille séparée**

---

## Cadre n° VIII Observations relatives à la demande internationale

---

Les observations suivantes sont faites au sujet de la clarté des revendications, de la description et des dessins et de la question de savoir si les revendications se fondent entièrement sur la description :

**voir feuille séparée**

**BEST AVAILABLE COPY**

**Concernant le point III**

**Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle**

Selon la règle 66.1e) PCT il n'est pas nécessaire de procéder à un examen préliminaire international pour les revendications relatives à des inventions pour lesquelles aucun rapport de recherche internationale n'a été établi.

Ceci est le cas pour la revendication 11.

**Concernant le point V**

**Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration**

**1. Il est fait référence aux documents suivants:**

- D1: KRAKOWSKI R A: "ACCELERATOR TRANSMUTATION OF WASTE ECONOMICS" NUCLEAR TECHNOLOGY, AMERICAN NUCLEAR SOCIETY. LA GRANGE PARK, ILLINOIS, US, vol. 110, no. 3, 1 juin 1995 (1995-06-01), pages 295-319, XP000511490 ISSN: 0029-5450
- D2: SEGEV M ET AL: "TRANSMUTATION OF NEPTUNIUM, AMERICIUM, TECHNETIUM AND IODINE IN FAST SPECTRUM CORES DRIVEN BY ACCELERATED PROTONS" NUCLEAR SCIENCE AND ENGINEERING, ACADEMIC PRESS, NEW YORK, NY, US, vol. 122, no. 1, janvier 1996 (1996-01), pages 105-120, XP008008570 ISSN: 0029-5639
- D3: A. GANDINI, , M. SALVATOIRES AND I. SLESSAREV: "Coupling of reactor power with accelerator current in ADS systems" ANNALS OF NUCLEAR ENERGY, vol. 27, no. 13, 28 avril 2000 (2000-04-28), pages 1147-1165, XP002274469
- D4: TAKAHASHI H: "Transmutation of high-level radioactive waste by a charged-particle accelerator" NUCLEAR TECHNOLOGY, AMERICAN NUCLEAR SOCIETY. LA GRANGE PARK, ILLINOIS, US, vol. 111, no. 1, 1995, pages 149-162, XP002162557 ISSN: 0029-5450
- D5: A. LETOURNEAU: "NEUTRON PRODUCTION IN BOMBARDMENTS OF THIN AND THICK W, HG, PB" NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS IN PHYSICS RESEARCH B, vol. 170, no. 3-4, 8 septembre 2000 (2000-09-08), pages 299-322, XP002274468

## **2. Explications - Article 33 PCT**

Sous réserve de l'Article 6 PCT- voir point VIII de cette opinion - l'objet de la revendication 1-5 semble être nouveau (Article 33 (2) PCT) et semble impliquer une activité inventive (Article 33 (3) PCT) pour les raisons suivantes:

### Revendication 1

Un procédé selon la préambule de la revendication 1 est en effet décrit par exemple dans D1 où l'auteur a cherché apparemment de minimiser les coûts du système nucléaire couplé.

Par contre, l'invention est caractérisée en ce que, pour un fonctionnement autorégulé et fiable du système couplé, d'une part, l'énergie des protons est choisie supérieure à la valeur optimale, et, d'autre part, le réglage du nombre de neutrons externes en fonction des fluctuations de la puissance du réacteur nucléaire est effectué en agissant sur l'énergie des protons à intensité constante du faisceau des particules.

Ainsi, en utilisant l'énergie des particules accélérées en tant que seul paramètre de couplage entre réacteur et accélérateur et en mettant le point de fonctionnement au-dessus de la valeur optimale de l'énergie de particules on obtient par un phénomène de non-linéarité entre les paramètres de couplage un effet stabilisateur de la puissance du réacteur lors des accidents de réactivité non protégés.

Les documents cités dans le rapport de recherche internationale ne suggèrent pas un tel procédé.

Le but du D1 est apparemment de minimiser le coût du système couplé, mais ne vise pas à introduire une sûreté intrinsèque au système.

D2 étudie des différents modèles de cœur pour en vue d'incinération optimale des actinides mineurs. Bien que le couplage entre cœur du réacteur et accélérateur se fait à courant constant des protons (accelerator-core coupling via a time-independent proton current - voir page 114, paragraphe V.G. Power Production Mode) l'effet bénéfique à la sûreté du système n'est pas été reconnu. En plus, aucun détail sur le point de fonctionnement n'a été précisé.

D3 suggère un système ACS où l'accélérateur est piloté par le courant des particules (voir point 1, Introduction, fin du paragraphe 3: *...extra negative feedback intrinsically associated with the power-accelerator current coupling*).

D4 ne décrit pas un système couplé dans le sens de l'invention mais plutôt le principe d'incinération des actinides par un accélérateur, générateur de neutrons à spallation.

D5 divulgue des données expérimentales quant aux cibles (proton-neutron) en vue de sources de neutron à spallation utilisées dans des transmutateur-accélérateur. Un procédé ou un système nucléaire couplé n'est pas mentionné.

#### Les Revendication 2-5

dépendent directement ou indirectement de la revendication 1 est sont donc aussi considérées nouvelles et inventives (Article 33(2) et (3) PCT).

#### Revendication 7-9

Le système définie par la revendication 7 et 8 (étant considéré comme dispositif) n'est pas nouveau ni inventif (Article 33(2) et (3) PCT), car chacun des dispositifs du D1, D2 ou D3 comprend nécessairement les moyens convenable pour régler les différents paramètres du réacteur ainsi que de l'accélérateur. Ces paramètres comprennent par exemple l'énergie et l'intensité des particules, le nombre des neutrons, etc.

Ainsi les dispositifs du D1-D3 sont convenable pour c.a.d. possèdent le moyens pour exécuter les étapes d'une autorégulation, c.a.d. pour exécuter un procédé selon la revendication 1.

Aussi, dans D1-D3 un faisceau de protons est dirigé au centre du coeur où il se trouve un cible de spallation (voir par exemple D1, fig. 5 et page 302-305)

#### Revendication 10

Vue que le buffer n'est que défini par sa fonction - diminuer le rendement de conversion - n'importe quel entourage du cible ayant la qualité de conversion rempli cette condition. Voir, par exemple D1, fig. 5, page 305-II.C.2 Target Blanket.

#### Concernant le point VIII

Certaines observations relatives à la demande internationale

**Clarté et interprétation des revendications - Article 6 PCT**

Pour les raisons suivantes la présente demande ne satisfait pas aux conditions requises à l'article 6 PCT:

**Revendication 1**

Selon la description deux conditions élémentaires et essentielles sont requises pour exécuter l'invention: des neutrons à spallation d'une part et, d'autre part le pilotage en énergie des particules à intensité constante du faisceau (voir par exemple page 22, ligne 27 - 35.

Par conséquent ces caractéristiques auraient du aussi figurer dans la revendication 1 (et non pas dans la revendication 3). La revendication 1 manque ainsi de clarté.

Aussi, les neutrons externes ne sont pas définis. Ils doivent être associés au générateur. Encore, les protons auraient du être utilisés comme particules accélérées pour éviter l'ambiguïté des particules diverses.

**Revendication 1, 6 et 7**

Dans le procédé défini par la revendication 1 et dans le système défini par la revendication 7 le faisceau de particules chargées accélérées génératrices des neutrons est un faisceau de protons.

Or, dans la revendication 6 incluant les caractéristiques de la rev. 1 la génération de neutrons est limitée à une réaction photonucléaire provoquée par des électrons comme particules chargées.

Nulle part dans la description deux générateurs de neutrons employés en même temps sont décrits.

Par conséquence les revendications 1, 6 et 7 ne sont donc pas claires.

L'objet de la revendication 6 n'est donc pas soumis à un examen quant à l'article 33 PCT.

**Revendication 1 et 3:**

Dans la revendication 1  $f^{nom}$  est défini comme une énergie tandis que dans la revendication 3, point 2c)  $f^{nom}$  est définie comme puissance.

~~Cette contradiction nuit donc à la clarté des revendications mentionnées.~~

**Revendication 3**

Il paraît que le terme  $r_0$  n'est pas défini. Par conséquent cette revendication et celles qui en dépendent ou y réfèrent ne sont pas claires.



**RAPPORT PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL  
SUR LA BREVETABILITÉ  
(FEUILLE SÉPARÉE)**

Demande internationale n°

PCT/FR2004/050302

La revendication 10

tente de définir son objet par le résultat à atteindre, ce qui revient simplement à énoncer le problème fondamental que doit résoudre l'invention, sans fournir les caractéristiques techniques nécessaires pour parvenir à ce résultat (quelles sont les paramètres (matériau, densité, dimensions) du buffer pour diminuer le rendement?

En plus, dans cette revendication le rendement de conversion n'est pas défini.

La revendication n'est donc pas claire.

Des éléments et/ou revendications qui ne sont pas considérés claires ne sont pas tenues comptes dans l'examen quant à l'article 33 PCT.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de commande d'un système nucléaire couplé (ACS) comprenant un réacteur nucléaire fonctionnant en régime sous-critique et un dispositif générateur de neutrons utilisant un faisceau de particules chargées accélérées, ledit  
5 générateur de neutrons consommant une partie prédéterminée d'énergie  $E_p^{nom}$  produite par le cœur, afin de produire une quantité de neutrons pour maintenir la réaction nucléaire en chaîne dans le cœur et le point de fonctionnement du système étant choisi à une valeur de l'énergie  $E_p^{nom}$  des particules  
10 proche de la valeur l'énergie optimale  $E_p^{max}$  pour laquelle le rapport entre le nombre de neutrons externes produits, et l'énergie du faisceau de protons ayant servi à les produire, est maximal, ce procédé étant caractérisé en ce que, pour un fonctionnement autorégulé et fiable du système couplé, d'une  
15 part, l'énergie nominale  $E_p^{nom}$  des particules est choisie supérieure à la valeur l'énergie optimale  $E_p^{max}$ , et, d'autre part, le réglage du nombre de neutrons externes en fonction des fluctuations de fonctionnement de la puissance du réacteur nucléaire est effectué en agissant sur l'énergie des particules  
20 chargées ( $E_p$ ) générées et accélérées par l'accélérateur.

2. Procédé de commande d'un système nucléaire couplé (ACS) conforme à la revendication 1, caractérisé en ce que le point de fonctionnement de ce système est déterminé par une énergie nominale des particules  $E_p^{nom}$  égale à la  
25 somme de l'énergie optimale  $E_p^{max}$ , et d'une énergie  $\Delta E_p$  choisie de manière à être plus importante que d'éventuelles fluctuations négatives de l'énergie des particules incidentes en réponse à des fluctuations négatives de la puissance du réacteur, dans le régime normal de fonctionnement dudit  
30 réacteur.

3. Procédé de commande d'un système nucléaire couplé (ACS) conforme à la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

BEST AVAILABLE COPY

1. déterminer les conditions de fonctionnement dans lesquelles on souhaite faire fonctionner le réacteur nucléaire : niveau de sous-criticité ( $r_0$ ), puissance consommable à produire, thermique  $P_{th}$  ou électrique  $P_{el} = \eta_{el} P_{th}$ , où  $\eta_{el}$  est le rendement électrique de l'installation, quantité et nature du combustible,

2. à partir de ces conditions, déterminer les paramètres de fonctionnement de l'accélérateur comme suit :

a - déterminer l'énergie optimale  $E_p^{Max}$  des particules chargées, qui vérifie l'expression :

$$d/dE_p [\varphi^*(E_p) \eta_a(E_p) Y_n(E_p)/E_p] = 0 \quad (1)$$

où  $E_p$  est l'énergie des particules incidentes,  $Y_n$  le rendement de neutrons,  $\varphi^*$  l'importance des neutrons, et  $\eta_a$  le rendement de l'accélérateur,

b - choisir l'énergie de fonctionnement (énergie nominale)  $E_p^{nom}$  égale ou supérieure à l'énergie optimale  $E_p^{Max}$  :

$$E_p^{nom} = E_p^{Max} + \Delta E_p, \quad \Delta E_p > 0, \quad (2)$$

c - déterminer l'intensité nominale  $I_p^{nom}$  du faisceau de particules chargées, nécessaire pour obtenir la puissance nominale du réacteur  $P_{th}^{nom}$  en fonction de l'énergie nominale  $E_p^{nom}$ , du rendement de neutrons  $Y_n(E_p^{nom})$ , du rendement de l'accélérateur  $\eta_a(E_p^{nom})$ , du nombre moyen  $\nu$  de neutrons de fission, de l'énergie  $E_{fis}$  délivrée dans une réaction de fission, et de l'importance des neutrons  $\varphi^*(E_p^{nom})$  pour l'énergie nominale  $E_p^{nom}$  :

$$I_p^{nom} = r_0 \nu P_{th}^{nom} / [E_{fis} \varphi^*(E_p^{nom}) Y_n(E_p^{nom})], \quad (3)$$

ainsi que la fraction de la puissance produite par le réacteur qui est consommée par l'accélérateur :

$$f^{nom} = E_p^{nom} r_0 \nu / [E_{fis} \varphi^*(E_p^{nom}) Y_n(E_p^{nom}) \eta_a(E_p^{nom}) \eta_{el}], \quad (4)$$

3. fixer la fraction  $f$  de la puissance produite par le réacteur et qui est consommable par l'accélérateur ainsi que l'intensité du faisceau des particules incidentes à des valeurs nominales selon les formules suivantes :

$$I_p^{nom} = r_0 v P_{th}^{nom} / [E_{fis} \Phi^*(E_p^{nom}) Y_n(E_p^{nom})], \quad (3)$$

$$f^{nom} = E_p^{nom} r_0 v / [E_{fis} \Phi^*(E_p^{nom}) Y_n(E_p^{nom}) \eta_a(E_p^{nom}) \eta_{el}], \quad (4)$$

5 4. régler le nombre de neutrons extérieurs agissant sur l'énergie des particules  $E_p$  à intensité constante du faisceau, en fonction des fluctuations de fonctionnement de la puissance du réacteur nucléaire, selon l'expression déterminant la variation de l'énergie :

$$10 \quad E_p = f^{nom} P_{el} \eta_a(E_p) / I_p^{nom}. \quad (5)$$

4. Procédé de commande d'un système nucléaire couplé conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les particules sont des protons, et la réaction nucléaire génératrice de neutrons est une réaction de spallation.

5. Procédé de commande d'un système nucléaire couplé conforme à la revendication 4, dans lequel la cible de spallation est en plomb-bismuth, et l'énergie optimale  $E_p^{Max}$  des protons est comprise entre 0,5 et 2,5 GeV.

20 6. Procédé de commande d'un système nucléaire couplé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel les particules sont des électrons, et la réaction nucléaire génératrice de neutrons est une réaction photonucléaire.

25 7. Système nucléaire couplé comprenant un réacteur nucléaire fonctionnant en régime sous-critique et un dispositif générateur de neutrons utilisant un faisceau de particules chargées accélérées, le générateur de neutrons consommant une partie prédéterminée d'énergie  $f^{nom}$  produite par ledit cœur, afin de produire une quantité de neutrons pour maintenir la réaction nucléaire en chaîne dans le cœur, et le point de fonctionnement du système étant choisi à une valeur de l'énergie  $E_p^{nom}$  des particules proche de la valeur l'énergie

BEST AVAILABLE COPY

optimale  $E_p^{\max}$ , pour laquelle le rapport entre le nombre de neutrons externes produits, et l'énergie du faisceau de protons ayant servi à les produire, est maximal, ce système étant caractérisé en ce que, pour un fonctionnement autorégulé et fiable, il comporte des moyens pour, d'une part, que l'énergie nominale  $E_p^{\text{nom}}$  des particules soit choisie supérieure à la valeur l'énergie optimale  $E_p^{\max}$ , et, d'autre part, que le réglage du nombre de neutrons externes en fonction des fluctuations de fonctionnement de la puissance du réacteur nucléaire soit effectué en agissant sur l'énergie des particules chargées ( $E_p$ ) générées et accélérées par l'accélérateur.

**8.** Système selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour que le point de fonctionnement de ce système soit déterminé par une énergie nominale des particules  $E_p^{\text{nom}}$  égale à la somme de l'énergie optimale  $E_p^{\max}$ , et d'une énergie  $\Delta E_p$  choisie de manière à être plus importante que d'éventuelles fluctuations négatives de l'énergie des particules incidentes, en réponse à des fluctuations négatives de la puissance du réacteur, dans le régime normal de fonctionnement dudit réacteur.

**9.** Système nucléaire couplé conforme à la revendication 7 ou 8, pour lequel les particules chargées sont des protons dirigés en faisceau au centre du cœur, et le cœur comporte une cible de spallation.

**10.** Système nucléaire couplé conforme à l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans lequel la cible proprement dite est entourée d'un « buffer » dont le rendement de conversion est inférieur à la moitié du rendement de conversion de la cible proprement dite.

**11.** Système nucléaire couplé selon l'une des revendications 7 à 10 comprenant une cible de géométrie optimisée dans le sens d'une augmentation des pertes de particules incidentes dans cette cible.